

Обычная закалка стали P18 от 1260 – 1280 градусов в масле и даже 2-3 кратный отпуск при 550 – 570 градусах с охлаждением на воздухе обеспечивает HRC60-62.

Повышение твердости при обработке холодом обеспечивается уменьшением количества остаточного аустенита. Практически весь аустенит переходит в мартенсит. В термических цехах крупных машиностроительных предприятий для обработки холодом применяют различное оборудование: испарительные установки, вихревые холодильные установки [1, 5]. На термических участках ЦБК можно использовать испарительные установки незамкнутого типа на жидком азоте, дающие температуру до минус 170 градусов Цельсия [1].

Заключение. На предприятиях лесного комплекса для получения требуемых свойств заготовок и деталей можно широко использовать современные технологии объемной термической обработки, закалки токами высокой частоты, применять химико-термическую обработку, синтетические охлаждающие среды обработку холодом для высокоуглеродистых сталей.

Список литературы

1. Эйсмонт Ю.Г. Оборудование термических цехов. В 3 т. Том 1. Основное термическое оборудование. Екатеринбург: УРФУ, 2015. 257 с.
2. Горюшин В.В. О применении синтетических закалочных сред // МиТОМ. 1991, №4. С.10-14.
3. Ляпунов А.И. Оборудование термических цехов. М.: Гуманитарный центр «Монолит», 2002. 308 с.
4. Steel and Its Heat Treatment. Swerea IVF, 2012, 832 p.
5. Totten G.E. Steel Heat Treatment. Metallurgy and Technologies. Taylor and Francis Group, 2006. 820 p.

УДК 676.056

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРУБЧАТЫХ ВАЛОВ БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНЫХ МАШИН

Пантелеев Виктор Николаевич,
магистрант, ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»,
гг. Екатеринбург- Соликамск, E-mail: vitya.panteleev.72@mail.ru

Куцубина Нелли Валерьевна,
канд. техн. наук, доцент,
ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»,
г. Екатеринбург, E-mail: Nelly3416@mail.ru

Ключевые слова: бумагоделательные машины, трубчатые валы, прессовые соединения, диагностика технического состояния.

Аннотация. В статье рассматриваются теоретические основы нагруженности и напряженного состояния прессовых соединений в трубчатых валах, приводится методика определения напряженного состояния деталей в прессовом соединении, методика и результаты диагностики технического состояния прессовых соединений трубчатых валов.

THE IMPROVED TECHNICAL OPERATION
TUBULAR SHAFTS OF PAPER-MAKING MACHINES

Panteleev Viktor Nikolaevich,
master student, Ural State Forest Engineering University,
Yekaterinburg-Solikamsk, E-mail: vitya.panteleev.72@mail.ru

Kutsubina Nelli Valeryevna,
Ph.D. of Engineering Sciences, Associate Professor,
Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, E-mail: Nelly3416@mail.ru

Key words: *paper machines, tubular shafts, press connections, technical condition diagnostics.*

Abstract. *The article discusses the theoretical basis of the load and stress state of the press connections in the tubular shafts, provides a method for determining the stress state of the parts in the press connection, the technique and the results of the diagnosis of the technical state of the press connections of the tubular shafts.*

Бумагоделательные машины имеют различные назначения, параметры, конструктивное исполнение, но все они являются агрегатами с множеством валов, большинство из которых – трубчатые. К трубчатым валам относятся сетко-, сукно-, бумаговедущие, тамбурные валы, многие валы отделочных машин. Конструкции таких валов подобны. Они выполняются в виде трубы, в которую запрессованы с обеих сторон патроны. В патроны запрессованы цапфы. Качество запрессовки определяется заданным натягом.

Расчетная величина натяга (допуски на вал и отверстие соединений) определяется по величине нагрузки, передаваемой соединением (поперечной силой, изгибающего и крутящего моментов) фактическая величина натяга может отличаться от расчетного значения из-за изменения формы и шероховатости посадочных поверхностей, развальцовки посадочных мест при нарушении технологии сборки.

В процессе длительной эксплуатации валов, совершивших миллиарды циклов нагружения, прессовые соединения ослабевают из-за релаксации напряжений и снятия микровыступов на поверхностях контакта сопрягаемых деталей. Известны случаи «выпадения» цапф при демонтаже валов. При ослабленной цапфе понижаются собственные частоты колебаний валов, приближая их к частотам вращения валов. Параметры колебаний валов возрастают, приближаясь к резонансным колебаниям. Возникает необходимость диагностики ослаблений, а при ремонте – восстановление необходимых посадок.

В трубчатых валах БМ применяются двухпрессовые соединения: «цапфы и патрон» и «патрон и рубашка вала». Взаимосвязь двухпрессовых соединений исследовал Ю.В. Турыгин и его ученики [1].

Одновременное ослабление соединений «цапфы - патрон» и «патрон – рубашка» маловероятно. Чаще возникает ослабление соединения «цапфа – патрон». Для целей диагностики целесообразно рассмотреть ослабление посадок патрона и рубашки вала, цапфы и патрона отдельно.

Рассмотрим методику диагностики ослаблений посадок в трубчатых валах на примере посадки цапфы в патрон. Сборка таких соединений осуществляется запрессовкой, с использованием температурного деформирования – нагревания охватывающей или охлаждения охватываемой детали. На предприятиях в ремонтной практике чаще используется запрессовка или охлаждение цапфы.

При прессовой горячей или холодной посадке цапфы в патрон на поверхности их контакта возникают контактные давления p_k , определяемые по формуле [1]:

$$p_k = \frac{\delta / d}{\frac{1}{E_1} \left(\frac{1+k_1^2}{1-k_1^2} - \nu_1 \right) + \frac{1}{E_2} \left(\frac{1+k_2^2}{1-k_2^2} + \nu_2 \right)}, \quad (1)$$

где δ – величина натяга, м;

$K_1 = d_1 / d$ и $K_2 = d / d_2$;

d – диаметр посадочной поверхности, м (рис. 1);

d_1 – внутренний диаметр цапфы (при наличии в цапфе осевого отверстия), м;

d_2 – наружный диаметр патрона, м;

d_3 – наружный диаметр цилиндра, м;

$E_1; E_2$ – модули упругости материала цапфы и патрона. Для стали $E = 2 \cdot 10^{11}$ Па; для чугуна $E = 1,2 \cdot 10^{11}$ Па;

$\nu_1; \nu_2$ – коэффициенты Пуассона материалов цапфы и патрона. Для стали $\nu = 0,3$, для чугуна $\nu = 0,25$.

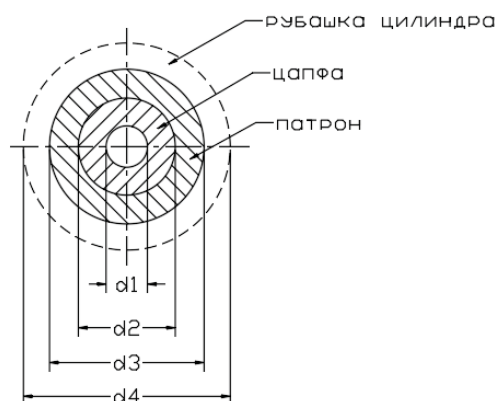


Рис.1. Сечение по цапфе и патрону

Большинство трубчатых валов имеет цапфы без отверстий, т.е. $d_1 = 0$, а, следовательно, $K_1 = 0$, уравнение (1) приобретает вид

$$p_k = \frac{\delta / d}{\frac{1}{E_1} (1 + \nu_1) + \frac{1}{E_2} \left(\frac{1+k_2^2}{1-k_2^2} + \nu_2 \right)}. \quad (2)$$

По контактному давлению p_k можно определить усилие запрессовки цапфы в патрон по формуле

$$F = \pi d l p_k f, \quad (3)$$

где l – длина зоны прессования;

f – коэффициент сцепления для стальных и чугунных деталей при запрессовке,

$f = 0,08 \dots 0,10$, при сборке с нагревом или охлаждением $f = 0,12 \dots 0,14$.

Наоборот, по усилию запрессовки можно выявить и оценить контактное давление в прессовом соединении, иначе на ранней стадии осуществить диагностику прессового соединения

$$p_k = \frac{f}{\pi d l f} \geq [p_k]. \quad (4)$$

Как уже отмечалось прочность, долговечность и работоспособность валов БМ определяются достаточной жесткостью сопрягаемых деталей, снижением уровнем вибрации. Жесткость валов характеризуется собственной жесткостью деталей и контактной жесткостью, определяемой деформациями в местах сопряжения деталей.

Распространенность соединений с натягом обуславливается простой конструкцией, высокой технологичностью и надежностью. Долговечность прессовых соединений зависит от многих факторов: величины натяга; шероховатости поверхностей сопрягаемых деталей; погрешности форм деталей; геометрических параметров охватывающей и охватываемой детали (толщины стенки и длины посадочной поверхности); точности сборки; метода осуществления посадки; термообработки материала деталей [2,3].

Значительное повышение скоростей БМ, жесткие требования к условиям их эксплуатации, а также множество перечисленных выше факторов, влияющих на надежность прессовых соединений, вызывают необходимость диагностики прессовых соединений. Диагностика по усилию запрессовки цапфы рассмотрена ранее.

Обычно диагностирование валов осуществляют по изменению интенсивности и частотного состава колебаний на определенных частотах. Таким образом, диагностируются подшипника качения [4]. По интенсивным колебаниям вала на гармониках оборотной частоты выявляется трещина в рубашке вала. Несомненно, что слабина в прессовых соединениях цапфы и патрона, патрона и рубашки приводит к снижению частоты собственных колебаний вала и усилению гармоник оборотной частоты. Но эти изменения трудно уловимы при работающей БМ из-за множества источников вибрации, воздействующих на вал.

При неработающей машине слабина в прессовом соединении определяется по частоте собственных колебаний вала, возбуждаемой «мягким» ударом по валу. При отсутствии ослабления колебания вала медленно затухают (рис.2а). При наличии слабину затухают быстро (рис.2б).

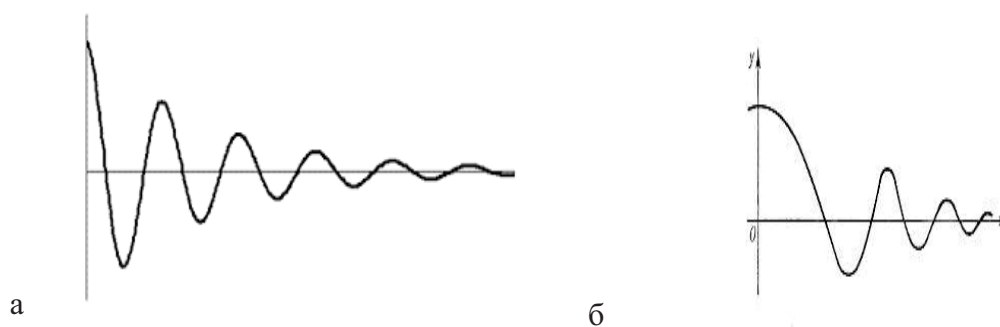


Рис. 2. Затухающие колебания вала, возбуждаемые ударом: ослабление посадки отсутствуют (а); при наличии ослаблений (б)

Более четко проявляются частота собственных колебаний и декремент колебаний при снятом вале. Схема возбуждения колебаний вала ударом по цапфе приведена на рис.3.

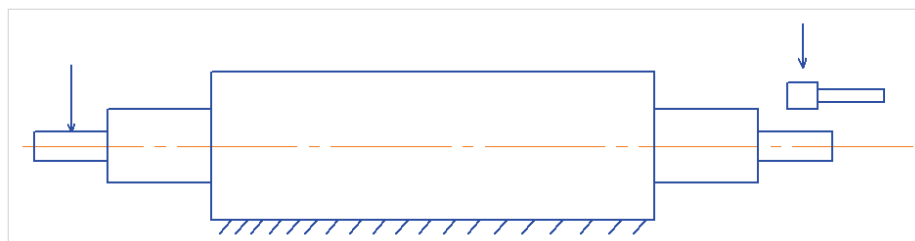


Рис. 3. Схема возбуждения колебаний вала ударом по цапфе

Измерения затухающих колебаний валов после удара по цапфе проводились после замены цапф. Запрессовка цапфы в патрон вала производилась при помощи гидроцилиндра при давлении масла 400 кг/см^2 . Спектры колебаний вала, характеризующие отсутствие ослабления цапф, приведены на рис.4.

Заметим, что приведенные в статье материалы могут быть использованы в ремонтной практике при установке цапфы в крышку сушильных цилиндров, когда цапфа из-за износа и повреждений срезается, и в крышку запрессовывается новая цапфа.

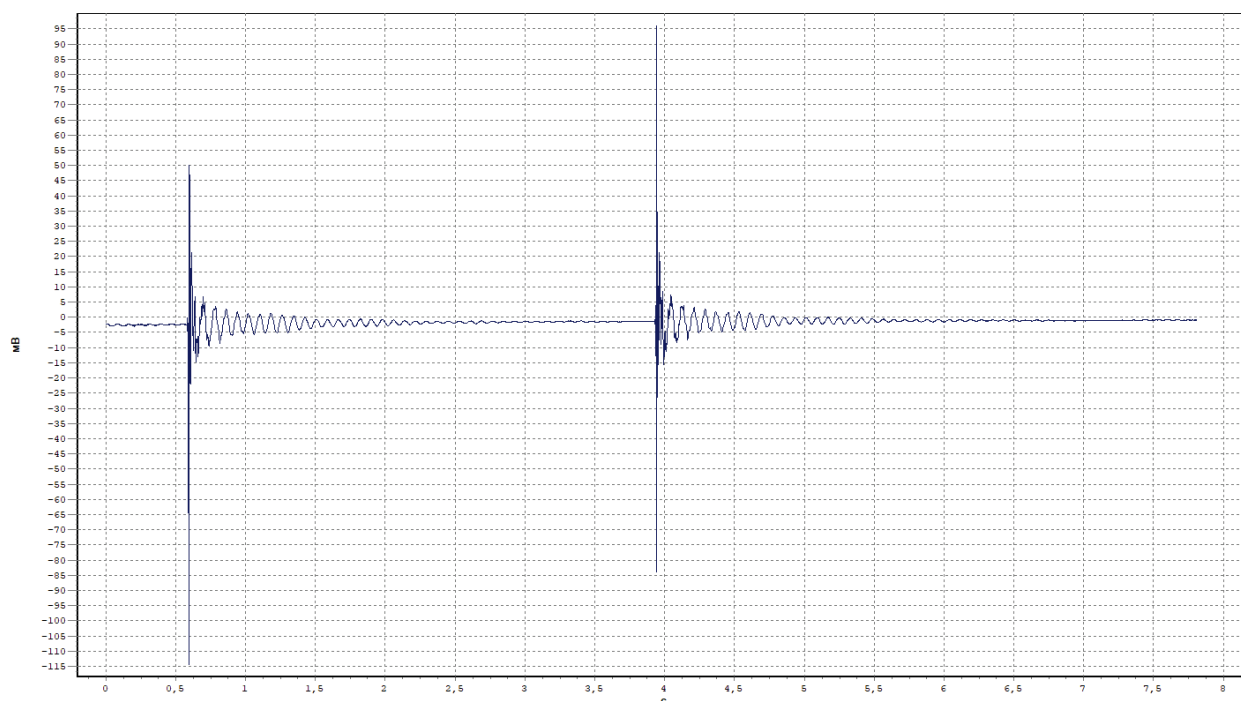


Рис.3. Образцы спектров колебаний вала

Иногда при увеличении нагруженности вала или изношенности цапфы для восстановления ресурса вала на некоторые участки цапфы напрессовываются дополнительные втулки.

Недостатком соединений с натягом является недопустимость даже однократной их перегрузки. Часто в реальных условиях работы статические и динамические нагрузки превышают расчетные значения, происходит относительное микропроскальзывание, возникают ударные воздействия, из-за чего целостность конструкции нарушается, и соединение раньше срока выходит из строя. Кроме того, перемещения в контакте приводят к демпфированию и изменяют частоты собственных колебаний сопрягаемых деталей машин. Исходя из этого, вопросы контактного взаимодействия в трубчатых валах являются актуальными.

Одной из основных тенденций развития техники в настоящее время является широкое применение полимерных материалов для изготовления различных конструкций, обладающих определенными эксплуатационными свойствами, отличающимися от традиционных конструкционных материалов.

Полимерные материалы применяются при создании виброустойчивых конструкций. Соединения с натягом испытывают знакопеременные циклические нагрузки, контакт происходит по отдельным наиболее нагруженным участкам поверхности и подповерхностных слоев. Введение в конструкцию полипрессовых соединений упругого полимерного материала, например полиуретана, позволит избежать контакта типа «металл-металл», тем самым повысить долговечность конструкции.

Использование промежуточного слоя предполагает более равномерное распределение удельных давлений по длине сопряжения за счет внутренней податливости упругого материала.

Обладая определенными упругими свойствами, полимерные элементы в конструкции способны поглощать энергию колебаний. В данном случае рассеивание энергии колебаний деталей и узлов происходит по двум направлениям:

- рассеивание энергии колебаний в материале детали (внутреннее трение);
- рассеивание энергии колебаний в месте контакта сопрягаемых поверхностей деталей (внешнее трение).

Большая часть энергии динамических нагрузок, воспринимаемых прессовым соединением, передается упругому материалу и затем рассеивается внутри самой конструкции.

В итоге в конструкции с поджатым упругим слоем величина напряжений и деформаций в поверхностном и подповерхностном слоях охватываемой металлической детали предположительно меньше, чем при взаимодействии «металл-металл».

Список литературы

1. Эксплуатационная эффективность бумагоделательных машин и вариативность системы их ремонта : автореферат дис. ... доктора технических наук : 05.21.03 / Ижевский гос. техн. ун-т. - Ижевск, 1998. - 32 с.
2. Прочность, устойчивость, колебания// Справочник в трех томах. –Т.2/ Под редакцией И.А. Биргера и Я.Г. Пановко– М.: Машиностроение, 1968. - 463 с.
3. Осипов Ю.К. Повышение качества прессовых соединений типа «тонкостенная втулка-корпус» //Главный механик.- №5.-2010.- С.50-57.
4. Куцубина Н.В. Теория и практика оценки технического состояния трубчатых валов бумагоделательных машин: монограф./ Н.В. Куцубина.- Екатеринбург: Уральск. гос. лесотехн. ун-т.- 2016. - 132 с.

УДК 676.017

МЕТОД ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ЦИРКУЛЯЦИОННОЙ СМАЗКИ ПОДШИПНИКОВ СУШИЛЬНОЙ ЧАСТИ

Парфенова Виолетта Романовна,
студент, ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»,
г. Екатеринбург, E-mail: vita.parf@mail.ru

Микушина Валентина Николаевна,
аспирант, ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»,
г. Екатеринбург, E-mail: [mikushina vn ventrauf@mail.ru](mailto:mikushina_vn_ventrauf@mail.ru)

Сиваков Валерий Павлович,
д-р техн. наук, профессор,
ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»,
г. Екатеринбург, E-mail: sivakov@usfeu.ru

Ключевые слова: сушильный цилиндр, температура, теплопередача, теплоизоляция, торцевые крышки, циркуляционная смазка.

Аннотация. Система циркуляционной смазки сушильных цилиндров имеет разветвленную пространственную конструкцию с теплообменником для снижения температуры. При сокращении тепловых потерь при контактной сушке бумаги будет уменьшаться температура распределительных и отводных трубок. Для этого необходимо установить теплоизоляцию торцевых крышек сушильных цилиндров.